

Jere Latvanen

Kaapeleiden palosuojaus Loviisan ydinvoimalaitoksella

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

15.12.2017

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Jere Latvanen Kaapeleiden palosuojaus Loviisan ydinvoimalaitoksella 34 sivua + 1 liitettä 15.12.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Suunnitteluinsinööri Petri Antikainen Lehtori Kai Virta
<p>Tämä insinööri työ tehtiin Fortum Power and Heat Oy:lle syksyn ja loppuvuoden 2017 aikana. Työssä tutustuttiin sähkö- ja automaatiokaapeleiden palosuojaukseen ja sen toteuttamiseen Loviisan ydinvoimalaitoksella. Lisäksi työssä perehdyttiin ydinenergiaa koskevaan lakiin ja sen pohjalta määritettyihin ohjeisiin ja asetuksiin.</p> <p>Työssä tarkasteltiin lisäksi käytössä olevia kaapeleiden palosuojausmenetelmiä ja tarkasteltiin markkinoilla olevia nykyaikaisia ja vaatimusten mukaisia ratkaisuja. Lisäksi tarkasteltiin rakenteiden ja kaapeleiden palosuojaus standardeja sekä kansallista rakennusmääräyskokoelmaa palosuojauksen osalta. Työn lopussa tehtiin yhteenveto nykyisistä ja mahdollisesti uusista kaapeleiden palosuojausmenetelmistä.</p>	
Avainsanat	Palosuojaus, kaapeli, ydinvoima, sähkö, automaatio

Author(s) Title Number of Pages Date	Jere Latvanen Fire Protection of Cables at the Loviisa Nuclear Power Plant 34 pages + 1 appendix 15 December 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Specialisation option	
Instructor(s)	Petri Antikainen, Design Engineer Kai Virta, Senior Lecturer
<p>This study was made for Fortum Power and Heat Oy during the autumn of 2017. The project examined the fire protection of the electric and automation cables and how this is implemented at the Loviisa nuclear power plant. In addition, one part of this study was to familiarize with the Nuclear energy Act and the guidelines and regulations set out on the basis of it.</p> <p>The work also examined the fire protection methods used at the Loviisa power plant and reviewed the modern and demanding solutions on the market. Also requirements set for the modern solutions were examined. In addition, fire protection standards for structures and cables, as well as a national building code collection for fire protection, were examined. At the end of the thesis, a summary of current and possibly new cable fire protection methods is given.</p>	
Keywords	Fire protection, cabel, nuclear power, electricity, automation

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Vaatimukset	2
2.1	STUK-määräykset	3
2.2	YVL-ohjeet	4
2.2.1	YVL B.1 Ydinvoimalaitoksen turvallisuussuunnittelu	4
2.2.2	YVL B.7 Varautuminen sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin ydinlaitoksessa	5
2.2.3	YVL B.8 Ydinlaitoksen palontorjunta	5
2.3	Loviisan voimalaitoksen ohjeet	6
2.4	Suomen rakentamismääräyskokoelma E1	6
3	Standardit	7
3.1	SFS-EN 13501-2 Rakennustuotteiden ja rakennuselementtien paloluokitus. Palonkestävyydestausta koskevia tietoja	7
3.2	SFS-EN 50575 Kaapeleiden palotekninen käyttäytyminen	8
3.3	SFS-EN 13501-6 Rakennustuotteiden ja rakennuselementtien paloluokitus. Reaktiotuotteita koskevat tiedot	8
3.4	IEC 60331-21 Sähkökaapeleiden testaukset palo-olosuhteissa - Piirin eheys	8
3.5	IEC 60331-2 Testausmenetelmä tulipalossa shokilla vähintään 830 °C:n lämpötilassa	9
3.6	DIN4102 Sähköjärjestelmien piirin eheys tulipalon sattuessa	9
3.7	SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset	10
4	Nykyiset kaapeleiden palosuojausmenetelmät	10
4.1	Kaapelit	11
4.2	Kaksoissuojaputki	11
4.3	Palosuojakouru	14
4.4	Vuorivilloitus	15
5	Nykyiset kaapeliläpiviennit turvalohkoerottelussa	16
5.1	Roxtec	17
5.2	MCT Brattberg	18
6	Menetelmät muissa suomalaisissa ydinvoimalaitoksissa	19
6.1	Olkiluoto 1 ja 2	20

6.2	Olkiluoto 3	20
7	Uudet menetelmät	21
7.1	Palosuojakanavat	22
7.1.1	OBO Bettermann	22
7.1.2	Hager	24
7.2	Palonkestävät kaapelit	25
7.2.1	Prysmian Sienopyr-FR FMHCH FE 120	25
7.2.2	Helkama RFA-FRHF ja RFA-FRHF+WSR/WJR	26
7.3	Kaapeliläpivienti	27
8	Yhteenveto	28
8.1	Yleiset huomiot	28
8.2	Vaatimuksista	29
8.3	Ehdotuksia uusiksi ratkaisuiksi	30
	Lähteet	32

Liite 1. Standardin 60331-21 virtapiirikuva

Lyhenteet ja määritelmät

Alikriittinen	Ketjureaktion sammuttava. Reaktiivisuus on negatiivinen.
Alkutapahtuma	Alkutapahtumalla tarkoitetaan yksilöityä tapahtumaa, joka johtaa odotettavissa oleviin käyttöhäiriöihin tai onnettomuustilanteisiin.
CPR	Eurooppalaisen rakennustuoteasetuksen mukainen työkalu.
DIN	Saksalainen standardointi-instituutti.
EI-M 120	Palonkestoluokka, jonka mukainen rakenne kestää tulipaloa 120 min eristävyden, tiiveyden ja mekaanisten iskujen osalta.
EN	Eurooppalainen standardi tunnus.
FRNC	Kaapelityyppi joka kestää kiertokuormitusta ja lämpöä.
IEC	Kansainvälinen sähköalan standardiorganisaatio International Electrotechnical Commission.
Kelpoistaminen	Vaatimusten täyttymisen osoittaminen.
Käyttölupa	Valtioneuvostolta haettava lupa ydinvoiman käyttöön. Lupa on määräaikainen.
LO1	Loviisan voimalaitoksen 1 yksikkö. Sähköteho 500 MW.
LO2	Loviisan voimalaitoksen 2 yksikkö. Sähköteho 500 MW.
Luvanhaltija	Energiayhtiö jolla on valtioneuvoston myöntämä käyttölupa.
OL1	Olkiluodon voimalaitoksen 1 Yksikkö. Sähköteho 880 MW.
OL2	Olkiluodon voimalaitoksen 2 Yksikkö. Sähköteho 880 MW.

OL3	Olkiluodon voimalaitoksen 3 Yksikkö. Sähkäteho 1 600 MW. (Ei vielä tuotannossa).
Propani	Palava kaasu. Käytetään polttoaineena ja pakkauskasuna.
Redundanttisuus	Toisistaan riippumaton rinnakkainen toiminto.
SFS	Suomen Standardisoimisliitto, SFS ry.
STUK	Säteilyturvakeskus, valvova viranomainen.
Turvallisuuslohko	Fyysisesti toisistaan eroteltu tila.
VVER	Vodo-vodjanoi energetičeski reaktor, Loviisassa käytetyn neuvostoliittolaisen painevesireaktorin tyyppi.
YVL-ohje	Ydinturvallisuusohjeet.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön aiheena on kaapeleiden palosuojaus Loviisan ydinvoimalaitoksella ja se toteutettiin Fortum Power and Heat Oy:lle, Engineering and -Projects osastolla. Fortum Power and Heat Oy on Fortum Oyj:n tytäryhtiö ja kuuluu Fortum-konserniin. Fortumin liikevaihto vuonna 2016 oli 3 632 milj. euroa ja liikevoitto 633 milj. euroa. Työntekijöitä vuonna 2016 oli 8 108 henkeä [1], joista 1434 toimi Power and Heat Oy:ssä [2]. Loviisan voimalaitos on täysin Fortumin omistama ydinvoimalaitos, joka sijaitsee Hästholmenin saarella Loviisan edustalla. Loviisan voimalaitos käsittää kaksi laitosyksikköä, Loviisa 1 (käyttöön otettu 1977) ja Loviisa 2 (käyttöön otettu 1980). Laitosyksiköt ovat Neuvostoliitto-valmisteiset, VVER-440-tyypin painevesireaktoreita. Kummankin laitosyksikön sähköteho on noin 500 MW, ja vuonna 2016 laitoksen käyttökerroin oli 91,1 %, tuottaen 13 % Suomen sähköntuotannosta. Laitos on käyttökerroin osalta kansainvälisessä mittakaavassa painevesilaitosten parhaita. Vuonna 2016 Fortum investoi 100 milj. euroa Loviisan ydinvoimalaitokseen. Loviisan voimalaitos työllistää noin 500 fortumlaisen lisäksi 100 muiden eri yritysten työntekijöitä [3].



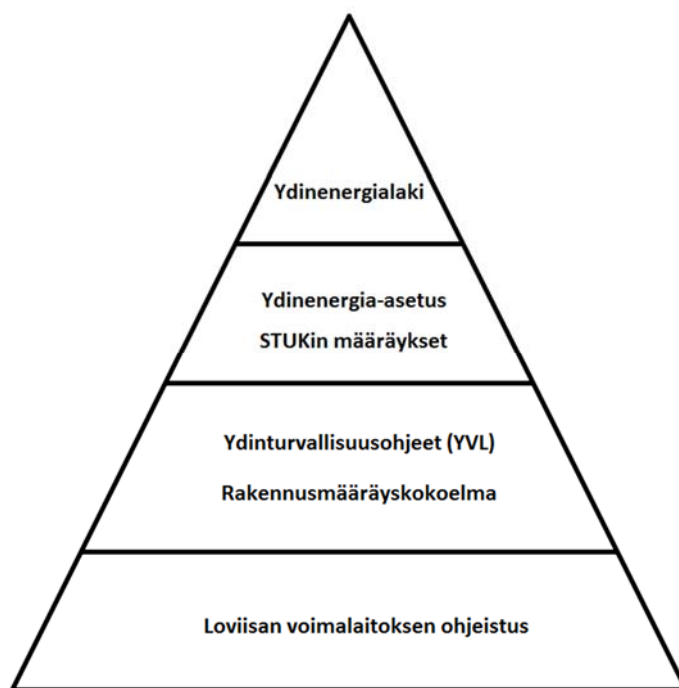
Kuva 1. Loviisan ydinvoimalaitos. Oikealla laitosyksikkö Loviisa 2. [27]

Insinööriyön tarkoituksena on selvittää Loviisan ydinvoimalaitoksella jo käytössä olevia sähkö- ja automaatiokaapeleiden palosuojausmenetelmiä, niille asetettuja vaatimuksia sekä uusia markkinoilla olevia vaihtoehtoja. Laitoksella käytettävät menetelmät ovat edelleen päteviä ja vaatimuksien mukaisia, mutta ovat päivittämisen tarpeessa. YVL-ohjeet, STUK-määräykset ja ydinenergialaki velvoittavat luvanhaltijaa saavuttamaan tietyn turvallisuustason käyttäessä ydinvoimaa mm. sähköntuotantoon [4]. Tähän liittyen eri järjestelmiltä vaaditaan redundanttisuutta, jossa toisistaan riippumattomat osajärjestelmät toteuttavat samat toiminnot ja toisen redundanssin vikaantuessa toisella redundanssilla pystytään suorittamaan vaadittavat toiminnot laitoksen saattamiseksi turvalliseen tilaan [5]. Näiden ohjeiden valvonnasta ja päivittämisestä Suomessa vastaa Säteilyturvakeskus [6]. Tässä työssä ei oteta kantaa tulipalon syntytapaan, muodostumiseen tai leviämiseen eikä käsitellä taikka tarkastella tulipaloa ilmiönä.

Ydinvoimalaitoksen automaatiojärjestelmät jaetaan eri osa-alueisiin niiden käyttötarkoituksen mukaan, käyttöautomaatioon prosessin normaaleja käyttötilanteita varten sekä suojautomaatioon, sisältäen mm. reaktorisuojaus- ja laitossuojajärjestelmät, erilaisia häiriö- ja onnettomuustilanteita varten.

2 Vaatimukset

Ydinvoiman käyttö Suomessa perustuu ydinenergialakiin, josta on säädetty eduskunnassa lailla 990/1987. Laissa määritellään tietyt reunaehdot ydinvoiman käytöstä ja lakia täydennetään ja täsmennetään STUKin määräyksillä (ent. valtioneuvoston asetukset) ja YVL-ohjeilla, kuitenkin niin että lakia ei voida ohittaa alemman tason määräyksillä ja ohjeilla. Näiden määräysten ja ohjeiden pohjalta Loviisan ydinvoimalaitokselle on laadittu ohjeet, kuinka laitoksella toimitaan ottaen huomioon lain, määräykset ja ohjeistukset. Myöskään Loviisan voimalaitokselle laaditut ohjeet eivät voi olla ristiriidassa lain, määräyksien tai ohjeistusten kanssa. Luvanhaltija voi myös esittää muunlaista menettelytapaa tai ratkaisua, joka vakuuttavasti osoittaa lain mukaisen turvallisuustason [6]. Kuvasta 2 voi havainnollisesti katsoa lain, määräyksien ja asetusten välisen hierarkian.



Kuva 2. Lain, määräyksien ja ohjeiden välinen hierarkia.

2.1 STUK-määräykset

STUKin määräyksissä määrätään suojautumaan ulkoisilta ja sisäisiltä turvallisuuteen vaikuttavilta tapahtumilta. Sisäisinä turvallisuuteen vaikuttavina tapahtumina on otettava huomioon mm. tulipalot [7]. Määräys ei erikseen määrittele tulipalon syntytapaa muuten kuin, että tulipalo aiheutuu laitoksen sisäisestä toiminnasta, joko tahattomasti tai tahallisesti ihmisen taikka laitoksen toiminnasta johtuen.

2.2 YVL-ohjeet

YVL-ohjeet ovat STUKin laatimia ohjeita, jotka velvoittavat luvanhaltijaa ottamaan tietyt asiat huomioon suunnittelussa ja tuotannossa, jotta saavutetaan ydinenergialain mukainen turvallisuustaso. Näitä ohjeita noudatetaan suunniteltaessa Loviisan voimalaitokselle ohjeistuksia, joita käytetään suunnitellessa ja käyttäessä ydinvoimaa ydinenergialain mukaisesti. YVL-ohjeet on jaettu lukuihin A–E sisällöstään riippuen ja tässä työssä perehdytään YVL ohjeen B-osaan joka käsittelee ydinlaitoksen ja sen järjestelmien suunnittelua. B-osa koostuu kahdeksasta osiosta, joista tässä työssä on käytetty osia 1, 7 ja 8. Osio 1 sisältää ohjeet ydinvoimalaitoksen turvallisuussuunnittelusta, 7-osio ohjeet varautumisesta sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin ydinlaitoksessa ja 8-osio ohjeet ydinlaitoksen palontorjunnasta. Koska tämä työ käsittelee kaapeleiden palosuojausta, joka luokitellaan sisäiseksi uhaksi, tässä työssä keskitytään erityisesti YVL-ohjeisiin B.7 ja B.8. [8]

2.2.1 YVL B.1 Ydinvoimalaitoksen turvallisuussuunnittelu

YVL B.1-ohje ei sisällä varsinaisesti asiaa palosuojauksesta, mutta sisältää ohjeita suunniteltaessa turvallisuuslohkoja. Turvallisuuslohkot on suunniteltava siten, että turvallisuuslohkon sisältämien laitteiden menettäminen ei johda turvallisuustoimintojen menettämiseen [9]. Turvallisuuslohkot on sijoitettava kokonaan eri rakennuksiin tai erotettava saman rakennuksen muista turvallisuuslohkoista, jotta viat eivät voi levitä järjestelmästä toiseen [10].

Ohje myös käskää kelpoistamaan uudet suunnittelussa valitut ratkaisut ja menetelmät, joita esitetään käytettäväksi, riittävin kokein, tutkimuksin ja testein [11]. Ohjeessa vaaditaan erikseen kelpoistamaan turvallisuudelle tärkeät järjestelmät, rakenteet ja laitteet, jotta nämä täyttävät niille asetetut turvallisuusvaatimukset ja suunnitteluperusteiden oikeellisuuden [12].

2.2.2 YVL B.7 Varautuminen sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin ydinlaitoksessa

YVL-ohje B.7 määrittelee B.1-ohjetta tarkemmin turvallisuuslohkojen vaatimukset. Turvallisuuslohkot on ohjeen mukaan rakennettava erillisiksi osastoiksi taikka erotettava toisistaan käyttäen rakenteita tai riittävää etäisyyttä, ottaen huomioon YVL B.8-ohjeen vaatimukset palontorjunnasta ja siihen liittyvistä määräyksistä [13]. Kaapelit, jotka kulkevat toisen turvallisuuslohkon kautta eivätkä liity kyseisen turvallisuuslohkon toiminnallisiin järjestelmiin, on sijoitettava kaapelikanaviin edellä mainitut turvallisuuslohkojen erotteluohjeet huomioiden [14].

Tehtäessä turvallisuuslohkojen välisiä ovia, luukkuja tai läpivientejä on niiden tarve perusteltava sekä suunniteltava siten, että ne täyttävät turvallisuuslohkojen väliselle rakenteelle määrätyt vaatimukset. Mikäli turvallisuuslohkon ja jonkin toisen suuria palokuormia sisältävän tilan välillä on ovia, luukkuja tai läpivientejä, niiden määrä on minimoitava. [15]

2.2.3 YVL B.8 Ydinlaitoksen palontorjunta

Ohjetta YVL B.8 käytetään suunnitellessa ja järjestettäessä ydinvoimalaitoksen palontorjunta siten, että laitos voidaan ajaa turvalliseen tilaan kaikissa mahdolliseksi arvioituissa tulipalon aiheuttamissa tilanteissa [16]. Tämän lisäksi on noudatettava Suomessa voimassa olevia palo- ja rakennuslainsäädäntöjä [17].

Tässä työssä sovelletaan ohjeen YVL B.8:n vaatimuksia rakenteiden palosuojauksesta eri turvalohkojen välillä. Tämä ohje ei suoranaisesti määrittele kaapeleilta vaadittavaa kestoisuutta tulipaloja vastaan, sillä itse kaapelia ei luokitella rakenteeksi. Sen sijaan kaapeleiden suojaamiseen käytettävät menetelmät luokitellaan rakenteiksi, joten niitä koskevat vaatimukset rakenteiden palosuojauksesta.

Sijoittaessa kaapeli oman turvallisuuslohkonsa sisälle ei kaapelille vaadita erityistä palosuojausta. Mikäli kaapeli joudutaan sijoittamaan (osittain) toisen turvallisuuslohkon puolelle, tulee kaapeli palosuojata tämän toisen turvallisuuslohkon alueella.

Ohjeen YVL B.8 mukaan turvallisuuslohkot on erotettava toisistaan käyttäen rakenteita, joiden palonkestoluokka täyttää vaatimuksen EI-M 120 [18]. Mikäli turvallisuuslohkojen väliin joudutaan tekemään läpivientejä, ovia taikka luokkuja, on myös niiden täytettävä palonkestoluokan EI-M 120 vaatimukset [19].

2.3 Loviisan voimalaitoksen ohjeet

Loviisan voimalaitoksen ohjeet on luotu Loviisan ydinvoimalaitosta varten noudattaen YVL-ohjeita ja ydinenergialakia. Loviisan ohjeissa on myös poikkeuksia YVL-ohjeissa esitetyistä vaatimuksista mutta näille poikkeuksille on haettu STUKilta lupa sekä hyväksyntä. Loviisan ohjeet on jaettu eri kategorioihin riippuen ohjeiden sisällöstä. Kategorioita ovat muun muassa kunnossapito, hallinto, käyttö ja tekniikka. Tässä työssä käytetään ja perehdytään Loviisan voimalaitoksen tekniikkaohjeeseen, joka käsittelee redundanssierotuksen huomioimista prosessi-, putkisto-, sähkö- ja automaatio suunnittelussa. Ohjeessa on kuvailtu yksityiskohtaisesti tarvittavat toimintatavat suunniteltaessa uutta tai muutettaessa vanhaa järjestelmää.

2.4 Suomen rakentamismääräyskokoelma E1

Suomen rakentamismääräyskokoelman luku E1 pitää sisällään ympäristöministeriön määräykset ja ohjeet rakennusten paloturvallisuudesta. Määräystä käytetään rakennusten ja rakenteiden paloturvallisuussuunnittelussa. Määräyksessä on ohjeet palokuormien ja paloluokkien määrittämiseen sekä vaatimukset tulipalon syttymisen, leviämisen ja kehittymisen estämiseen.

3 Standardit

3.1 SFS-EN 13501-2 Rakennustuotteiden ja rakennuselementtien paloluokitus. Palonkestävyystestausta koskevia tietoja

SFS-EN 13501-2 standardi ottaa nimensä mukaisesti kantaa rakennuksissa käytettävien tuotteiden ja elementtien paloluokitukseen. Tehtyjen testien perusteella saadaan tuotteisiin yhtenäiset merkinnät. Testien perusteella eri tuotteet ovat keskenään vertailukelpoisia. Merkintä myös helpottaa oikean tuotteen valitsemista haluttuun käyttötaroitukseen. Standardi määrittelee tuotteiden palonkestoisuutta osoittavat kirjaimet ja aika merkinnät, jotka ovat seuraavat:

- R Kantavuus. Ilmaiseen rakenteiden kantavuuden sortumatta.
- E Tiiviys. Rakennusosan tiiviys liekkiä ja palokaasuja vastaan.
- I Eristävyys. Rakennusosan kylmän puolen lämpötilan nousu 140°C
- M Mekaaninen iskunkestävyys. Rakennusosan iskunkestävyys mekaanisia iskuja vastaan palotilanteessa.
- W Lämpösäteily. Rakenteen kesto tulipalosta aiheutuvaa lämpösäteilyä vastaa.

10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 140 ja 360 jotka ilmaisevat palonkeston minuutteina. Palonkestoluokituksen minuutti merkintä määräytyy testien perusteella siten, että saatu aika pyöristetään alaspäin lähimpään standardin määrittelemään arvoon.

Huom. Näitä merkintöjä ei tule sekoittaa standardiin DIN4102, jossa käytetään samoja merkintöjä.

On myös huomattava että pelkkää rakennuselementtiä ei voida luokitella M-luokkaan. Mikäli rakennuselementille (esim. kaapeliläpivienti) halutaan M-luokitus on koko huone ja kokonaisuus on testattava sekä hyväksyttävä.

3.2 SFS-EN 50575 Kaapeleiden palotekninen käyttäytyminen

SFS-EN 50575 on vuonna 2014 valmisteltu ja vuonna 2017 voimaan tullut standardi SFS-EN 50575, joka käsittelee aihetta "Energia-, ohjaus- ja tietoliikennekaapelit. Rakennuskohteissa käytettävien yleisiin käyttötarkoituksiin tarkoitettujen kaapelien palotekninen käyttäytyminen". Standardi käsittelee lähes kokonaan kaapeleiden valmistusta, testausta sekä valmistuksessa käytettävien menetelmien laadunhallintaa, dokumentointia ja jäljitettävyyttä. Standardi myös määrittelee standardit, joiden mukaan CPR-luokiteltujen kaapeleiden polttokokeet tehdään. Näin ollen standardin otsikko on harhaanjohtava.

3.3 SFS-EN 13501-6 Rakennustuotteiden ja rakennuselementtien paloluokitus. Reaktiivituotteita koskevat tiedot

SFS-EN 13501-6 standardi määrittelee loppukäyttäjälle kaapeliluokat joita, käyttämällä voidaan valita oikeanlainen kaapeli käyttöpaikan vaatimusten mukaisesti. Nämä luokat ovat nimeltään ns. CPR-luokkia jotka, on luokiteltu kirjaimin A–F, siten että A-luokka on korkein ja F-luokalle ei ole asetettu erityisiä vaatimuksia [23]. Lisäksi käytetään lisämerkintöjä s (savunmuodostuminen), d (palavat pisarat) ja a (savukaasujen halogeenittomuus eli syövyttävyyden). Lisämääritteeseen lisätään myös numero 1–3 määrittelemään suorituskyyky, jossa pienin numero kuvaa parempaa suorituskyykyä.

Kyseinen standardi ei vielä tällä hetkellä määrittele kaapeleiden palonkestoisuutta eikä kaapelin sähköistä toimintakyykyä, mutta nämä olisivat tulossa standardin laajuuteen muutaman vuoden kuluessa. Tätä standardia käytetään laitoksella tällä hetkellä käytössä olevien instrumentointikaapeleiden luokitteluun, siinä määrin kun uutta kaapelia tulee laitokselle kaapelitoimittajan varastosta.

3.4 IEC 60331-21 Sähkökaapeleiden testaukset palo-olosuhteissa - Piirin eheys

IEC 60331-21 standardi määrittelee kaapelin palonkesto-ominaisuuden sekä kaapelin toimivuuden tulipalossa. Standardi määrittelee, kuinka polttokoe tulee suorittaa, sekä kaapelin kytkennän jolla voidaan todeta kaapelin toiminta ja sähköiset ominaisuudet palon aikana. Polttokokeessa kaapelia poltetaan 70 cm kaapelin alapuolelle ja 45 cm

viereen asennetulla 750 °C:n levitetyllä liekillä, joka käyttää palamiseen propaania. Kaapelia poltetaan 90 minuutin ajan, jonka jälkeen kaapelia jäähdytetään 15 minuutin ajan. Tämän yhteen lasketun 105 minuutin aikana kaapelin täytyy pitää sisäiset johtimet toimintakykyisinä. Standardin määrittelemä kytkentä on kuvattuna liitteessä 1.

3.5 IEC 60331-2 Testausmenetelmä tulipalossa shokilla vähintään 830 °C:n lämpötilassa

IEC 60331 standardin osa 2 käsittelee palonkestäviä kaapeleita kuten IEC 60331-21. Molemmilla standardin osilla on sama kytkentä joka on liitteessä 1. Tämän standardin mukaisessa polttokokeessa kaapeli on kiinnitettynä telineeseen ja kaapeli on U:n muotoisella mutkalla. Kaapelin alimman kohdan alapuolella on liekki 110 mm:n etäisyydellä kaapelista. Kaapeliin kohdistettua liekkiä pidetään päällä yhtäjaksoisesti 30, 60, 90 tai 120 minuutin ajan riippuen siitä, mille ajalle valmistaja kelpoistaa kaapelinsa. Kaapeliin kohdistuva lämpötila on 830°C. Polttokokeen aikana kaapelin kiinnityskohtien tuentaan muodostetaan isku viiden minuutin välein.

3.6 DIN4102 Sähköjärjestelmien piirin eheys tulipalon sattuessa

DIN4102 on saksalaisten kehittämä oma standardi sähkökaapeleiden piirin eheyteen tulipalotilanteissa. Standardi testaa samalla polttokokeella kaapelit sekä kanavat, hyllyt ja kiinnikkeet joihin kaapeli sijoitetaan. Näin varmistutaan, että kaikki johtojärjestelmän rakenteelliset komponentit ovat riittävän kestäviä. Standardin merkinnässä käytetään kirjaimia E (sähköasennusten toiminnallinen suojaus) eli kuinka kauan järjestelmä on toimintakykyinen, ja I (pelastus- ja poistumisteiden suojaus) kertoo, kuinka kauan järjestelmä suojaa sisäisiltä kaapelipaloilta sekä niiden jälkeen numeroarvoa kuvaamaan aikaa minuutteina, jonka se kestää tulipalotilanteessa. Standardien DIN4102 ja EN 13501 merkintöjen samankaltaisuudesta johtuen tulee olla erittäin tarkka, ettei sekoita tämän standardin ja standardin EN 13501 merkintöjä keskenään.

3.7 SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset

Pienjännitestandardin SFS 6000 osa 4-42 käsittelee sähkölaitteiden suojausta lämpöä vastaan sekä sähkölaitteiden aiheuttamaa tulipaloriskiä, mm. herkästi syttyvissä asennusolosuhteissa. Saman standardin osa 5-52 käsittelee johtojen kuormitettavuutta, joka tulee ottaa huomioon, mikäli pienjännitekaapeleita tullaan vuoraamaan villalla tai ne sijoitetaan palosuojakanavaan taikka muihin vastaaviin rakenteisiin.

4 Nykyiset kaapeleiden palosuojausmenetelmät

Johtuen ohjeen YVL-B.7 kohdan 325 vaatimuksesta täytyy kaapelit suojata sisäisiä uhkia vastaan:

Jos turvallisuuslohkon kautta on välttämätöntä johtaa kaapeleita, jotka eivät toiminnallisesti liity turvallisuuslohkon järjestelmiin, kaapelit on sijoitettava kaapelikanaviin, jotka täyttävät turvallisuuslohkosten välistä erottelua koskevat vaatimukset [14].

Palontorjunnan vaatimuksen (YVL B.8, kohta 345) mukaan vaadittava suojaustaso turvallisuuslohkosten välillä on EI-M 120 [19]. Koska laitos on rakennettu 1970-luvulla ja YVL-ohjeiden vaatimukset on osin laadittu jälkikäteen, on niiden soveltaminen vanhalla laitoksella hankalaa. Siten on myös selvää, että laitosta ei ole täysin suunniteltu näiden ohjeiden mukaisesti.

Alun perin laitokselle on rakennettu erillisiä kaapelikanavia (tunneleita) turvallisuuslohkosten erottelua varten rakennusaikaisten vaatimusten mukaisesti. Käytännössä kaapeleita on kuitenkin välttämätöntä johtaa välillä toisen turvallisuuslohkon kautta. Jälkeen päin erillisten kaapelikanavien rakentaminen olisi hankalaa, joten vaatimus kaapelien suojaamisesta täytetään käyttämällä muita menetelmiä kuten kaksoissuojaputkitusta, palosuojakoteloita tai vuorivillaeristystä [20]. Nämä kaikki tavat on aikanaan testattu ja kelpoistettu myöhemmin kumotun standardin SFS 4193 mukaan. Laitoksella on myös käytetty jossain määrin muita tapoja kaapeleiden palosuojauksessa. Nämä tavat ovat yksittäisiä ja erilaisten projektien yhteydessä tehtyjä kokeiluja, koska muita tapoja ei olla pystytty käyttämään. Nämä tavat on kehitetty suojaamaan tavalliset ei-palokestävät kaapelit tulipaloja vastaan.

4.1 Kaapelit

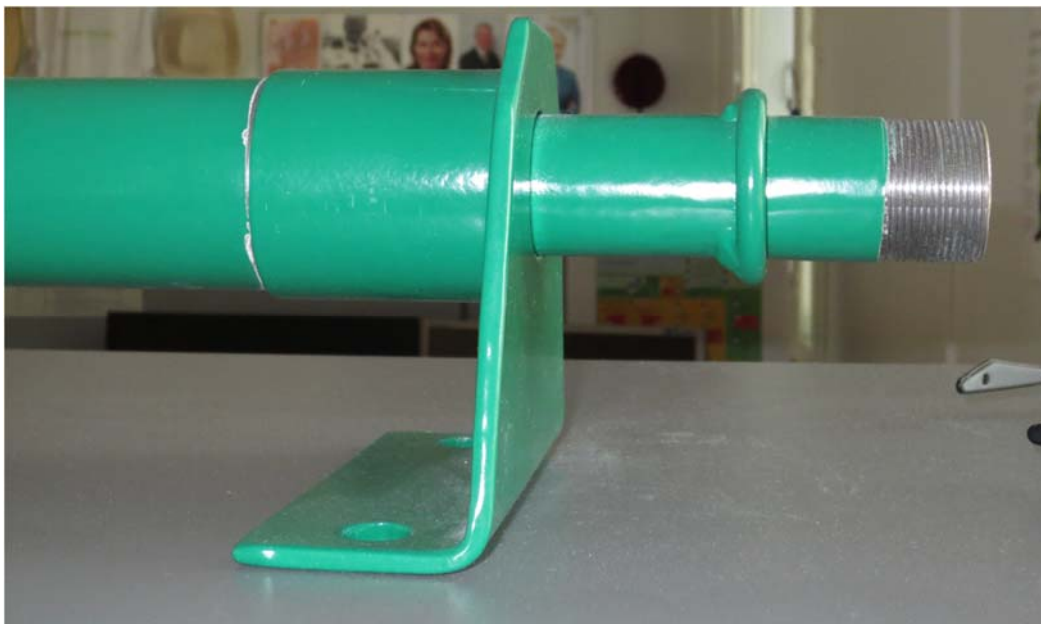
Laitoksella nykyisin käytettävät yleisimmät instrumentointikaapelityypit ovat mm. Redak-HF -sarja ja Habia HFI 260/HFS 105XL B. Laitoksella tulisi käyttää kaapelia, joka on nippuna itsestään sammuva ja halogeeniton. Redak-HF -sarja täyttää CPR-luokan Dca-s2, d2, a2 tarkoittaen, että kaapeli on yksittäin paloa levittämätön, vähäisellä savun muodostuksella ja halogeeniton. Kaapeli on toisin sanoen ei-palonkestävä täysin tavallinen instrumentointikaapeli.

Habia ei ole luokitellut kaapeliaan CPR-luokituksen mukaan. Valmistaja on testannut kaapelin paloluokituksen IEC 60332-1-1 standardin mukaan (60sekunnin liekkikosketus kaapelin ollessa pystyssä). Savunkehityksen ja myrkyllisyyden valmistaja on testannut standardien IEC 61034-2 ja IEC 60754-2 mukaan. Tämäkin kaapeli on ei-palonkestävä, mutta kestää hetkellisen liekkikosketuksen ja näin soveltuu kohteisiin, joissa on hetkellisesti erittäin suuria lämpötiloja kuten prosessihöyryä.

Sähkönsyöttöön laitokselle on kelpoistettu 400 V:n kaapeleita, joita käytetään mm. turvavavalaistukseen. Uusissa automaatiokaappien sähkönsyötöissä on käytetty palonkestäviä 24 VDC:n kaapeleita.

4.2 Kaksoissuojaputki

Kaksoissuojaputki on nimensä mukaisesti kaksi sisäkkäin rakennettua metalliputkea, joiden väliin jää ilmarako. Kaksoissuojaputken rakenteen voi havaita kuvasta 3. Kaksoissuojaputkea käytetään kaapeleiden suojaamiseen turvalohkoerottelussa ja se antaa suojan tulipalojen lisäksi myös suihkuvoimia sekä mekaanisia voimia vastaan. Kaksoissuojaputkitusta käytettäessä putket asennetaan suorina tankoina ja mutkissa sekä putkien päissä kaapelit suojataan lasikuitunauhalla, joka päällystetään palosuojaamassaa käyttämällä. Asennustapa on nähtävillä kuvasta 4. Vanhoissa asennuksissa on käytetty lasikuitunauhan sijasta asbestinauhaa ennen asbestin käyttökieltoa.



Kuva 3. Kaksoissuojaputki.



Kuva 4. Kaksoissuojaputki asennettuna ja lasikuitunauhalla sekä palosuojamassalla tehdyt mutkat.

4.3 Palosuojakouru

Palosuojakouru on metallista valmistettu kouru, jonka sisään kaapelit sijoitetaan siten, että kourun sisäpinnan ja kaapelin vaipan välin jää tyhjää tilaa. Tyhjäksi jäänyt tila täytetään hiekalla, joka toimii palosuojana, ja kourun metallinen rakenne suihkuvoimia ja mekaanisia rasituksia vastaan. Kuvasta 5 on nähtävillä reaktorirakennuksen ulommas- sa rengasstilassa sijaitseva siniseksi maalattu palosuojakouru.



Kuva 5. Palosuojakouru.

4.4 Vuorivilloitus

Kolmas tapa kaapeleiden palosuojaamiseen on vuorivillakerros. Vuorivillakerrosta käytetään lähinnä sähkö-, automaatio- ja kaapelitiloissa, koska se ei anna suojaa suihkuvoimia vastaan ja sen käyttö on kielletty suojakuoren sisällä sekä ulommassa välitilassa [20].

Käytettäessä vuorivillaa palosuojauksessa suojattavat kaapelit sijoitetaan kaapelihyllylle, joka vuorataan 50 mm paksulla alumiinipäälysteisellä vuorivillalla. Vuorivillan sauma kohdat päällystetään alumiiniteipillä ja koko villoituksen päälle sidotaan galvanoitu teräslankaverkko [20]. Kuvassa 6 on sähkötilaan sijoitettu kaapelihylly, joka on suojattu vuorivillalla.



Kuva 6. Vuorivillasuojaus.

Koska vuorivilloitus ei anna suojaa mekaanisia voimia vastaan, toisin kuin kaksoissuojaputki tai palosuojakouru, on kaapelihyllyn alapintaan asennettava suunnittelijan harkinnan mukaan metallilevy suojaamaan mekaanisia voimia. Metallilevyn tarkoitus on suojata kaapeleita tahattomia iskuja vastaan. Tahattomana iskuna tarkoitetaan ihmisen toiminnasta johtuvaa vahingossa tapahtuvaa iskua mm. A-tikkaiden tai muun pitkän esineen osumista. [21]

Myös ei-turvallisuustoimintojen toteuttamiseen liittyvät uudet kaapelihyllyt suojataan tarvittaessa alapuolelta metallilevyllä. Kuvasta 7 on havaittavissa ei-turvallisuustoimintoihin osallistuvan kaapelihyllyn metallilevysuojaus.



Kuva 7. Kaapelihyllyt suojalevyllä varustettuna.

5 Nykyiset kaapeliläpiviennit turvalohkoerotellussa

Vietäessä kaapelit turvallisuuslohkojen välisen osastoivan rakenteen läpi käytetään läpiviennin sulkemiseen Roxtec- ja MCT Brattberg -palaläpivientejä. Molempien valmistajien tuotteet ovat myös kaasutiiviitä sekä kestävät ilman- ja vedenpainetta. Näin estetään tulipalon, kaasun tai tulvaveden kulkeutuminen kaapelille tehdystä reiästä.

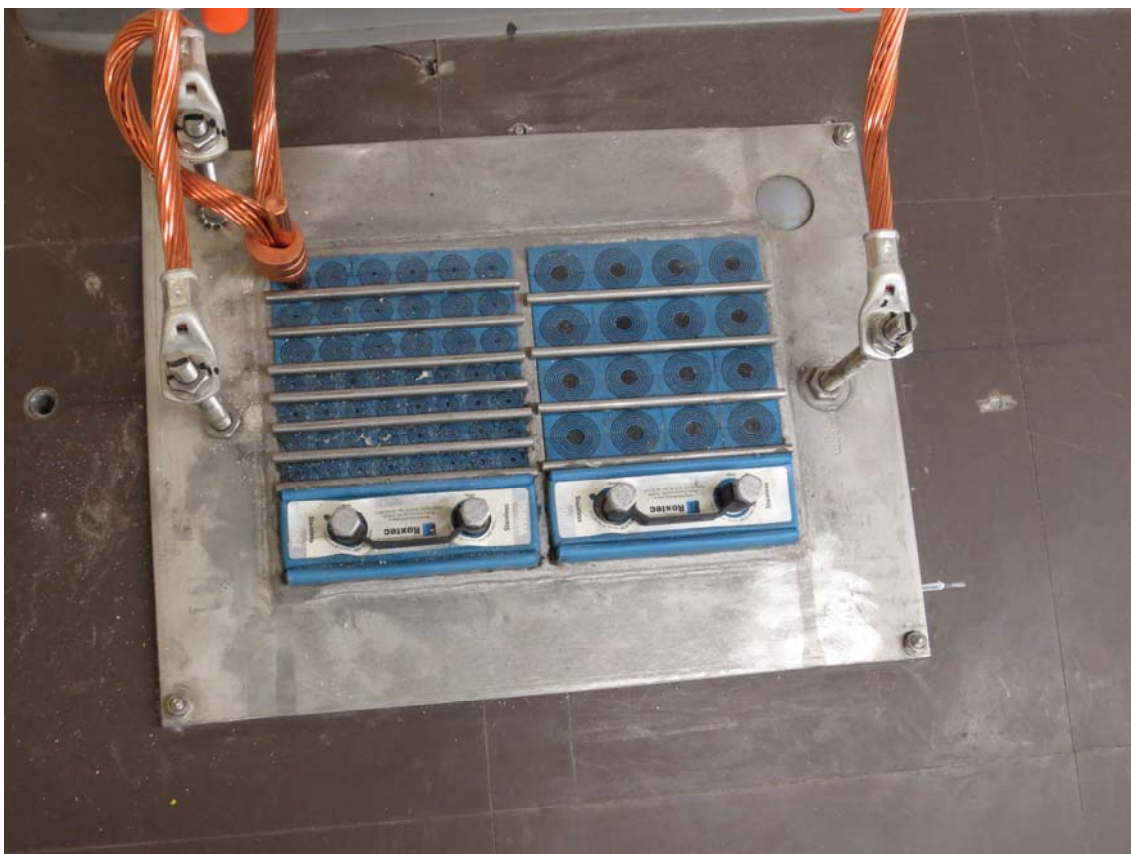
5.1 Roxtec

Roxtec-läpivienti käsittää rakenteeseen upotetun läpivientikehyksen, jonka läpi kaapelit johdetaan tilasta toiseen. Läpivientikehys tiivistetään moduulipaloilla, välilevyillä ja puristussyksiköllä. Näin saadaan aikaan tiivis läpivienti. Roxtecin tiivistyspalat ovat rakenteeltaan sisältä liuskamaisia, jonka ansiosta sama tiivistyspala sopii useammalle kaapelikoolle. Tiivistyspalasta poistetaan liuskoja kaapelin paksuuden mukaan jolloin tiivistyspalasta tulee oikean kokoinen ja tiivis. Roxteciin ei tarvita erikseen tiivistyspaloja kohtaan, josta ei tule kaapeleita läpi. Tähän voidaan käyttää tiivistyspalaa, josta ei ole poistettu keskiötä ja liuskoja.

Riippuen käytetystä kehyksestä, kaapeleiden paksuudesta sekä läpimentävän rakenteen materiaalista ja paksuudesta saavutetaan läpiviennille palonkestoluokka EI 60 tai EI 120. Mikäli läpivienti täyttää vaatimuksen EI 60, voidaan niitä tarvittaessa asentaa rakenteen molemmille puolille saavuttaen vaatimuksen EI 120. Myös käytettäessä valmistajan G- tai B-tyyppin kehystä ja eristevillaa saavutetaan vaatimus EI 120. Näillä asennustavoilla saavutetaan myös turvalohkoerottelussa vaadittu EI-M 120 -vaatimus. Ottaen huomioon kaapeleiden lisäys läpivientiin jälkikäteen, on villankäyttö todettu hankalaksi. Tämän takia laitoksella suositetaan ns. tupla-Roxtec-ratkaisua, kun vaaditaan palonkestoluokkaa EI 120.

Kuvassa 8 on lattiaan asennettu Roxtec-kehys, joka on pakattu tiivistyspaloilla, välilevyillä ja päätypuristimella valmistajan ohjeiden mukaisesti. Kuvassa näkyvät 70 mm²:n kuparinen maadoitusköysi sekä läpiviennin läpi menevä kuparitanko. Kupariköysi korvataan kuparitangolla läpivienneissä, jotta läpivienti saavuttaa ilma- ja vesitiiveyden. [22]

Kuvassa olevan kehyksen reunoilla olevat kierretangot ovat hyllyretin paarteiden jatkoksia. Hyllyretin paarteet jatketaan 10 mm:n kierretangoilla läpivientikehyksen läpi, jotta hyllyretin paarteet pysyvät samassa potentiaalissa koko hyllyretin osuudelta. [22]



Kuva 8. Lattiaan asennettu Roxtec-kaapeliläpivienti.

5.2 MCT Brattberg

MCT Brattberg-kaapeliläpivienti on rakenteeltaan ja komponenteiltaan samanlainen kuin Roxtecin kaapeliläpivienti. Isoin ero Roxtecin ja MCT:n välillä on läpivienneissä käytettyjen tiivistyspalojen rakenne. MCT:n tiivistyspalat valitaan kaapelin halkaisijan mukaan toisin kuin Roxtecissä jossa sama tiivistyspala käy useammalle kaapelille muokattavuudesta johtuen. MCT:n kehykseen tarvitsee asentaa erilliset tiivistyspalat kohtiin joihin ei tule läpi menevää kaapelia.

MCT Brattberg-kaapeliläpivienti täyttää EI-60 palonkestoluokan vaatimuksen ja back-to-back-asennustapaa käyttäen EI-120:n mukaisen vaatimuksen. Tässä asennustavassa käytetään kahta peräkkäin asennettua läpivientiä samaan tapaan kuin ns. "tupla Roxtec"-asennuksessa. Valmistajan ilmoituksen mukaan myös läpivienti, jossa kaapelit on lisäeristetty valmistajan ohjeiden mukaisesti täyttävät EI-120:n vaatimuksen.

Oheisessa kuvassa on MCT-läpivienti, jonka läpi on johdettu instrumentointikaapeleita. Yläosa läpivienneistä on tiivistetty umpinaisilla paloilla, joista ei mene kaapelia läpi. Näin ollen läpiviennissä on tyhjää tilaa kaapeleille tulevaisuuden käyttöä varten.



Kuva 9. MCT Brattberg-kaapeliläpivienti.

6 Menetelmät muissa suomalaisissa ydinvoimalaitoksissa

Koska YVL-ohjeet käsittelevät ainoastaan Suomessa sijaitsevia ydinvoimalaitoksia, selvitettiin tässä insinöörityössä myös toisen Suomessa sijaitsevan ydinvoimalaitoksen tapa täyttää YVL-ohjeet. Tätä työtä tehdessä muut ydinvoimalaitosyksiköt sijaitsevat Eurajoen Olkiluodossa, jossa on kaksi käyvää laitosyksikköä (OL1 ja OL2) sekä yksi laitosyksikkö koestusvaiheessa odottamassa käyttölupaa (OL3) [24]. Laitos on TVO:n omistuksessa. Suunnitteilla on lisäksi Fennovoiman Hanhikivi 1, jonka kaapeloinnin suunnittelu on alkutekijöissään.

6.1 Olkiluoto 1 ja 2

Olkiluodon voimalaitoksen käyvät laitosyksiköt OL1 ja OL2 ovat suunnilleen saman ikäisiä kuin Loviisan laitosyksiköt LO1 ja LO2. Loviisan ja Olkiluodon laitosyksiköt eroavat hyvinkin paljon toisistaan mm. reaktorityypiltään. Loviisassa on käytössä painevesireaktorit ja Olkiluodossa puolestaan kiehutusvesireaktorit. Myös laitostoimittajat eroavat toisistaan. Loviisan laitosyksiköt tilattiin hyvin pitkälti Neuvostoliitosta kun taas Olkiluodon laitosyksiköt on tilattu Ruotsista. Olkiluodon laitosyksiköillä ei ole varsinaisia turvallisuuslohkoja, mutta kahden osajärjestelmän muodostamat osajärjestelmäparit on erotettu toisistaan sijoittamalla ne eri puolille laitosyksikköä [25]. Lisäksi samassa tilassa kulkevat kahden eri osajärjestelmän kaapelit on etäisyyseroteltu. Jos kaapelit kulkevat lähellä toisiaan, on kaapelit suojattu palosuojalevyillä tai putkitettu. Kaapelitilat on suojattu sammutusjärjestelmillä [25].

6.2 Olkiluoto 3

Olkiluoto 3 on reaktorityypiltään eurooppalainen painevesireaktori ja ensimmäinen kyseistä tyyppiä edustava reaktori maailmassa. Laitosyksikön alkuperäinen toimittaja on Areva NP:n ja Siemens AG:n muodostama konsortio. Koska laitosyksikön suunnittelu ja rakentaminen on toteutettu pääsääntöisesti 2000-luvulla, ovat ohjeet ja vaatimukset olleet erilaiset kuin käyvillä laitosyksiköillä käytetyt. Laitosyksiköllä on jokainen osajärjestelmä rakennettu omaksi turvallisuuslohkoksi käyttäen EI-M 120-luokan palomuuria [25]. Lisäksi kaapelina on käytetty FRNC-tyyppiluokiteltua kaapelia. Näin turvallisuuslohkoerottelu täyttää sille asetetun vaatimuksen [25].

7 Uudet menetelmät

Tutkittaessa uusia mahdollisia menetelmiä on niiden täytettävä seuraavat vaatimukset :

- Täyttää EI-M 120:n tai vastaavan luokituksen.
- Soveltuu käytettäväksi ydinvoimalaitoksessa.
- Pystytään järkevästi hyödyntämään laitoksella.

Lisäksi menetelmien tulisi täyttää seuraavat vaatimukset:

- On asennettavissa helposti.
- Soveltuu käytettäväksi laitoksen kaapelihyllyillä.
- Kaapeleiden lisäys jälkikäteen on helpohkoa.

Todettakoon heti aluksi, että tarkastellessa markkinoilla olevia palosuojakanavia ei markkinoilta löytynyt ainuttakaan johdonsuojakanavaa, joka olisi täyttänyt EI-120-palonkestoluokan vaatimuksen. Tähän löytyy yksinkertainen ja helppo selitys: ei ole tiedossa, että muualla paitsi suomalaisessa ydinvoimalaitoksessa vaadittaisiin EI-90-luokkaa korkeampaa palonkestoa, jonka vaatimus tulee muutenkin kokonaan eri standardista. Tutkittaessa eri standardeja ja haastateltaessa ihmisiä ei tietoon tullut ainuttakaan standardia jossa kaapeleita tai johtojärjestelmiä testattaisiin pidemmällä kuin 90 minuutin ajalla. Tämän takia markkinoilla ei siis ole suoraan tuotteita, jotka täyttäisivät 120 minuutin ajan. Lisäksi nykyiset palonkestävät kaapelit jo sinällään kestävät pitkiä aikoja ilman suojakanavia, mikä laskee palosuojakanavien tarvetta. Vertailun vuoksi seuraavalla sivulla olevassa taulukossa 1 on listattuna eri järjestelmiltä vaadittuja aikoja.

Järjestelmä	Toiminta-aika min	Vaatus
Paloilmoitinjärjestelmä	30	SFS-EN 54 sarja
Savusulut	30	SFS-EN 12101-1 ja SFS 7023
Evakuointijärjestelmät	30	EN-60849
Palomieshissit	60	EN 81-72 (sähkönsyötön osalta)
Merkki- ja turvavalaistus	60	SFS-EN 1838
Turvavalaistus	60	SFS-EN 1838
Palopumput	90	SFS 5980 (IEC 60331)

Taulukko 1. Lista eri järjestelmien toiminta-ajoista ja niihin liittyvistä vaatimuksista.

7.1 Palosuojakanavat

Markkinoilla on ainakin kaksi valmistajaa joilta löytyy 90 min ajan täyttävää palosuoja-kanavaa standardin DIN4102 mukaan. Nämä valmistajat ovat OBO Bettermann ja Hager.

7.1.1 OBO Bettermann

OBO Bettermann palosuojakanavat käsittävät PYROLINE®-tuoteperheen. Tuoteperheestä löytyy useampi malli, mutta tässä tarkastellaan Rapid - BSKM ja Con D - BSK tuotteita.

Rapid - BSKM on teräksinen palosuojakanava, jonka sisäpinnoite on paisuvaa. Kanava täyttää vaatimukset I30- I120. Kansi asennetaan kanavaan kiinni painamalla ja se sisältyy toimitukseen. Suurin valmistajan ilmoittama kanava koko on 250 mm x 100 mm (kuvassa 10) ja sen paino on 7,1 kg/m. Alla listattuna hyviä ja huonoja puolia:

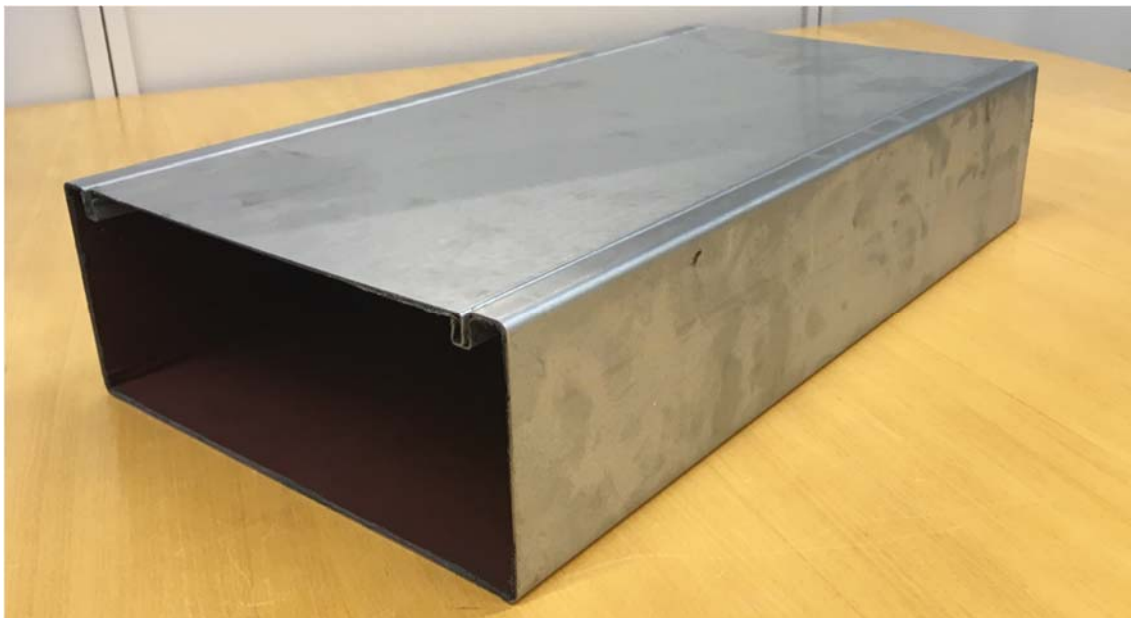
+ Kevyt

+ Helposti avattava ja suljettava kansi

+ Soveltuu nykyisille hyllyille asennettavaksi

+ Lisätarvikkeita saatavilla reilusti

- Ei täytä E-luokan määritystä



Kuva 10. OBO Bettermann Rapid – BSKM

Con D - BSK on valmistettu lasikuituvahvisteisesta kevytbetonista. Kanava täyttää vaatimuksen I120 ja E90. Kansi asennetaan kanavaan kiinni ruuveilla, mutta kanavassa ei ole ruuveille kierrettä. Tämä saattaa muodostua ongelmaksi myöhemmässä vaiheessa kun kaapeleita lisätään jälkikäteen ja kansi joudutaan avaamaan. Tästä johtuen kanava tulee ruuvien kiinnityksen osalta hajoamaan. Valmistajan ilmoittamat suurimman kanavan ulkomitat ovat 380 mm x 260 mm ja sisämitat 185 mm x 105 mm. Kanavan paino on 31,9 kg/m. Alla listattuna hyviä ja huonoja puolia:

+ E90-luokitus

+ Kevyin E90-luokan kanava

+ Oma kannakointi valmistajalta

- Kannen lukitus ruuveilla rikkoo kanavan
- Painava
- Ei sovellu nykyisille hyllyille
- Ei metallista ulkokuorta



Kuva 11. OBO Bettermann Con D – BSK. Kanavan sisälle asennettuna kaapelikiinnikkeet.

7.1.2 Hager

Hager tehalit.-tuoteperhe koostuu erilaisista ja erikokoisista johtokanavista. Palosuoja-kanava on malliltaan tehalit.FWK. Kanava on kipsilevyvuorattu ja siinä on teräksinen kuori. Kansi asennetaan paikalleen ruuveilla, ja kanavassa on ruuveille valmiit kiertteet. Kanava täyttää vaatimuksen E30 tai E90 asennustavasta riippuen. Valmistajan ilmoittamat ulkomitat suurimassa kanavassa ovat 350 mm x 196 mm ja sisämitat 154 mm x

103 mm. Painoa kanavalla on valmistajan mukaan 55 kg/m. Alla listattuna hyviä ja huonoja puolia:

+ Kansi ruuveilla ja ruuveille metalliset kierteet kanavassa

+ Metallikuori

+ E90-luokitus

+ Lisätarvikkeita saatavilla reilusti

- Painava

- Ei ole saatavilla valmistajan omaa kannakointia

7.2 Palonkestävät kaapelit

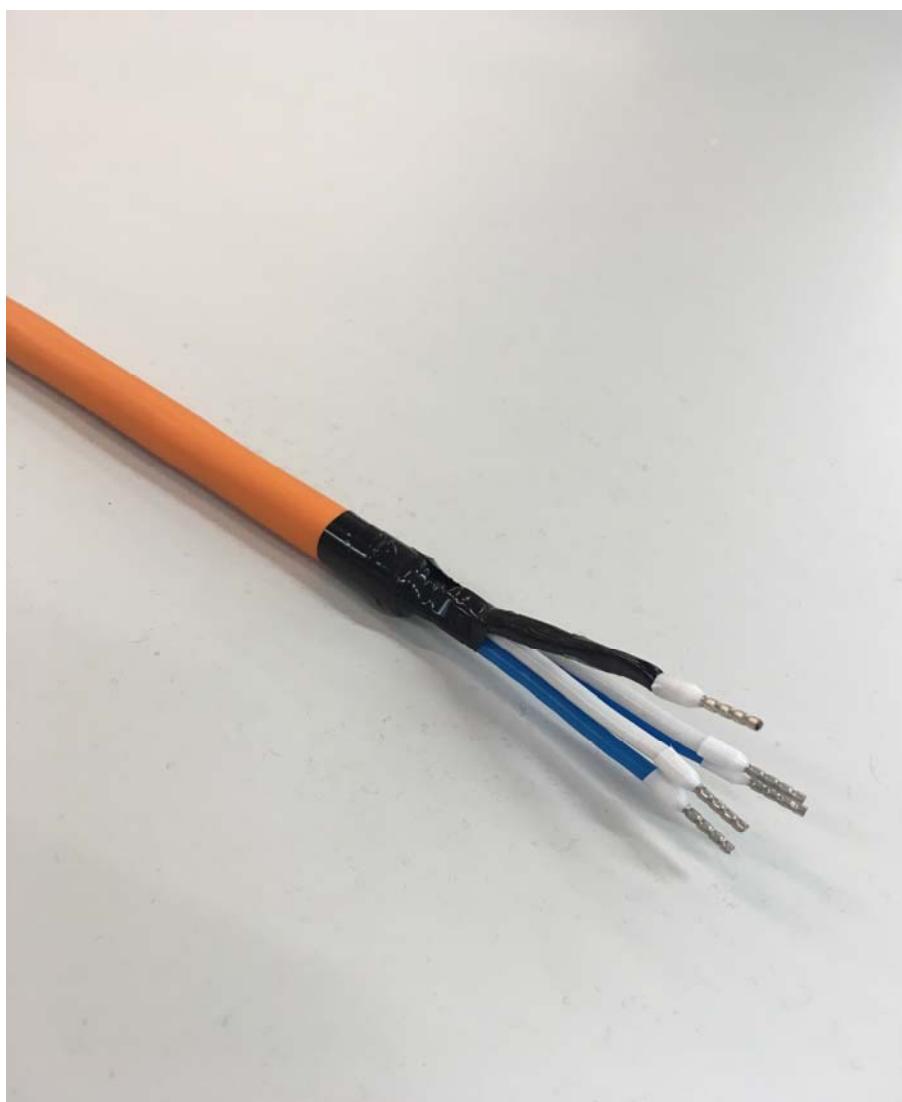
Markkinoilta löytyy erikoissovelluksiin mm. meriteollisuudessa käytettäviä kaapeleita jotka itsestään täyttävät palonkeston ja toimintakyvyn ylläpitämisen osalta 90 min ajan. Nämä kaapelit täyttävät standardin IEC 60331-21. Tällä hetkellä Loviisan ydinvoimalaitoksella ei pääsääntöisesti käytetä palonkestäviä instrumentointikaapeleita. Palonkestäviä sähkökaapeleita löytyy useampaakin eri tyyppiä. Käytettäessä palonkestäviä kaapeleita tulee johdot sijoittaa palonkestäviin kaapelihyllyihin tai muihin vastaaviin kiinnikkeisiin ja järjestelmiin. Kiinnikkeiden ja muiden kaapelia kannattavien osien on oltava palonkestäviä, jotta asennus oikeasti kestää tulipalotilanteissa.

7.2.1 Prysmian Sienopyr-FR FMHCH FE 120

Prysmian Sienopyr-FR FMHCH FE 120-kaapeli on testattu standardin IEC 60331-21 tai IEC 60331-31 mukaan. Näin ollen kaapeli säilyttää toimivuutensa tulipalotilanteessa 90 min. Kaapelin johtimien poikkipinta-ala on 0,75 mm². Kaapelivalmistaja ei ole ilmoittanut, kuinka moniparisena kaapelia on saatavilla.

7.2.2 Helkama RFA-FRHF ja RFA-FRHF+WSR/WJR

Helkaman RFA-FRHF-kaapeli täyttää standardit IEC 60331-1 tai 60331-2, ja kaapeli-valmistaja on ilmoittanut, että kaapeli säilyttää toimintakykynsä 90 min tulipalossa. Lisäksi +WSR/WJR -versio kyseisestä kaapelista täyttää vaatimukset vesisumua ja vesisuihkuja vastaan. Tällä yhdistetyllä palonaikaisella sprinklauksella saavutetaan valmistajan mukaan palonkesto 180 minuuttia, mutta sitä ei ole virallisesti luokiteltu vielä, koska tuote on valmistajan mukaan vasta uusi. Molemmista kaapelityypeistä on saatavilla sekä 0,75 mm²:n ja 1,5mm²:n versiot. Pienempää poikkipinta-alan kaapelia saa 1-24 -parisena ja saman kaapelin sprinklauskestoista 1-30 -parisena. Kuvassa 12 on Helkama RFA-FRHF, jonka johtimet on holkitettu.



Kuva 12. Helkama RFA-FRHF

7.3 Kaapeliläpivienti

Markkinoilta löytyy ainakin yksi kaapeliläpivienti, joka täyttää vaatimuksen EI-120. Legrand -konserniin kuuluvan Cabofil -yhtiön EZ-Path soveltuu hyvin käytettäväksi myös vanhoihin läpivienteihin joissa on jo kaapelit olemassa. Lisäksi kaapeleiden lisääminen jälkikäteen on helppoa. Verrattuna nykyisiin ratkaisuihin ei tarvitsisi käyttää kahta peräkkäistä läpivientiä, täyttääkseen EI-120 -luokituksen. Alla listattuna läpiviennin hyviä ja huonoja puolia:

+ EI-120

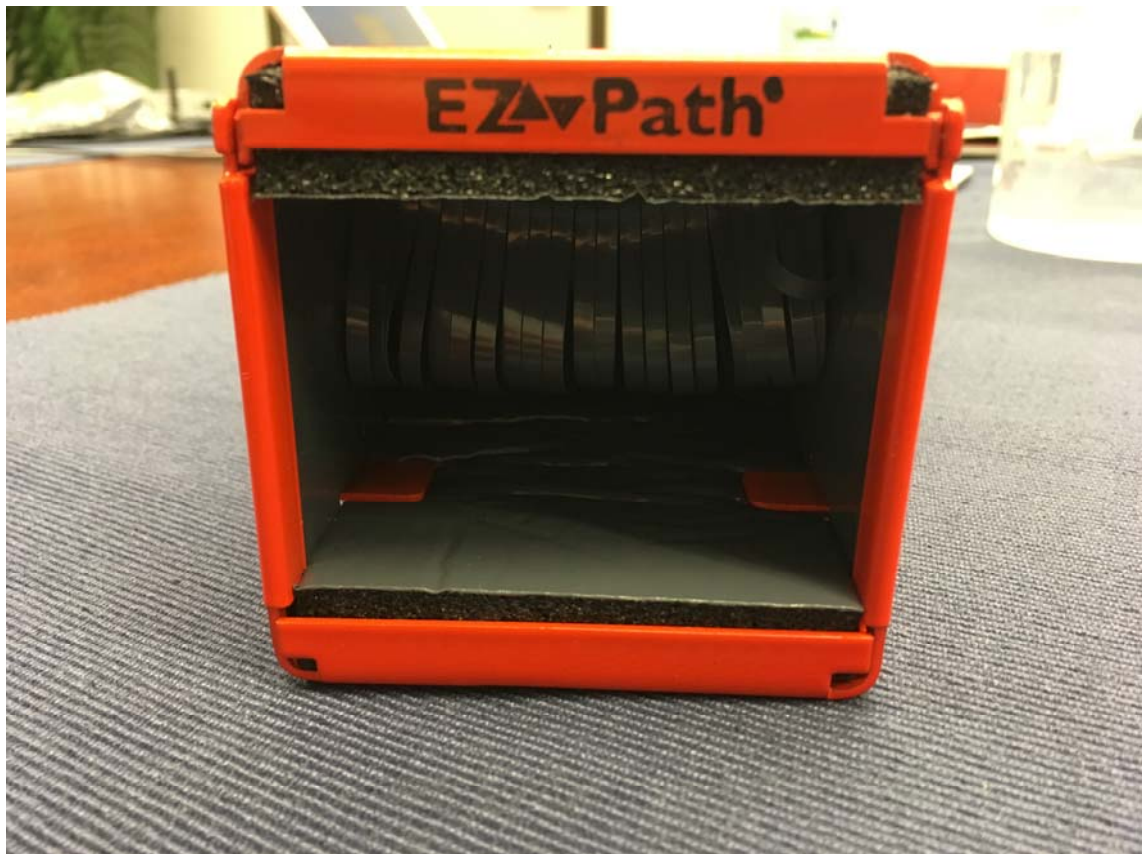
+ Sopii vanhoihin läpivienteihin

+ Kaapeleiden lisääminen helppoa

+ Modulaarisuus

- Ei kestä vedenpainetta eikä ole kaasutiivis

Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa 13 EZ-pathin esittelykappale kuvattuna edestäpäin, kuvasta on havaittavissa EZ-pathin eristelevyt ylä- ja alaosassa läpivientiä. Nämä eristelevyt turpoavat lämmön vaikutuksesta muodostaen palonkestävän massan.



Kuva 13. Kaapeliläpivienti EZ-Path.

8 Yhteenveto

8.1 Yleiset huomiot

Tehdessäni tätä insinööriyötä tutkimalla palosuojausta sekä tulipalonkestäviä komponentteja ja muita rakennustuotteita huomasin, että lähtökohtana suunniteltaessa rakennuksia ja rakenteita on ihmisten turvallinen poistuminen sekä pelastautuminen rakennuksesta mahdollisen tulipalon sattuessa. Tämä on myös mainittuna rakentamismääräyskokoelmassa E1. Tärkeimpänä tekijänä tulipalon sattuessa on rajaamalla eristää tulipalo tietylle alueelle eli palo-osastolle ja estää tulipalon leviäminen. Tähän käytetään tulipaloa kestäviä rakenteita sekä rakennusosia. Tällä tavoin saadaan ihmisille enemmän aikaa poistuttaessa rakennuksesta ja vähennettyä taloudellisia vahinkoja. Toisena tärkeänä asiana on havaittavissa ihmisten rakennuksesta poistumisen turvaaminen. Tämä on selkeästi havaittavissa sillä, että rakennusten paloilmoitin-, turva-

valaistus-, ilmastointi- ja savunpoistojärjestelmien on määrätty kestämaan tulipalotilanteissa. Pääsääntöisesti kaikki julkaistut standardit on tehty näitä kahta edellä mainittua varten.

Toinen huomio kiinnittyy ns. "standardi paloon" eli standardin määrittelemään teoreettiseen paloon. Standardi määrittelee, kuinka polttotestit on tehtävä, eikä se välttämättä ole millään tavalla yhtenäinen oikean tulipalon kanssa, koska emme voi oikeasti tietää, millainen ja kuinka voimakas tulipalo on tai kuinka tulipalo kehittyy syttymisen jälkeen. Tästä johtuen voidaan todeta, että standardin mukaan tehty polttokokeen tuloksena saatu aika materiaalin kestosta tulipalotilanteesta on viitteellinen todelliseen tulipaloon verrattaessa. On myös huomattava, että valmistajien käyttämät standardit poikkeavat toisistaan, mikä vaikeuttaa vertailua tuotteiden kesken. Muuttuvia asioita eri standardien väleillä ovat mm. liekin etäisyys, poltto- sekä jäähdytysaika ja palavan kaasun virtaus.

Mainittakoon, että verrattaessa ydinvoimalaitoksen ja tavallisen rakennuksen tai voimalaitoksen vaatimuksia tulipalon sattuessa ovat ne täysin erilaisia. Kuten yllä mainittu, on tavallisesti ihmisten turvaan saaminen tärkeintä. Ydinvoimalaitoksessa tärkeintä on kaikissa normaalista poikkeavissa olosuhteissa sekä tilanteissa reaktorin jälkilämmön poiston ja polttoaineen eheyden turvaaminen sekä reaktorin pitäminen alikriittisenä. Näillä toimilla varmistetaan ydinvoimalaitoksen turvallinen tila ja väestön turvallisuus. Voidaan siis todeta, että tämä on erityisen paljon aikaa vievää, ja pitää myös varmistua, että ydinvoimalaitoksen rakennus ja prosessi kestävät normaalista poikkeavissa tilanteissa.

8.2 Vaatimuksista

STUKn vaatimus YVL B.7 325, jossa selvästi viitataan ohjeeseen YVL B.8 345, on hieman kyseenalainen, koska kanavia, kaapeleita eikä sähköisten piirien kestävyyttä määritellä millään muodoin standardissa, josta lukema EI-M 120 on peräisin. Lisäksi mainittakoon, että YVL-ohjeissa ei ole mainittuna sanaakaan kaapeleiden toimintaedellytyksistä tulipalo tilanteessa. Tästä voidaan todeta, että on järkevämpää käyttää YVL-ohjeen B.8 kohtaan 304 jossa todetaan seuraavaa:

Luvanhaltija voi esittää ydinlaitoksen palontorjunnan suunnittelussa sovellettavaksi myös ulkomaisia määräyksiä ja ohjeita. [26]

Ohje antaa mahdollisuuden kelpoistaa uudet turvallisuuslohkoerottelussa käytettävät johtojärjestelmät standardin DIN4102 tai muiden soveltuvien standardien mukaan. Lisäksi toteaisiin, että paikoissa joissa ei vaadita suojausta höyry- ja vesisuihkuja vastaan, voisi ohjeesta YVL B.7 kohdasta 325 luopua siltä osin kun vaaditaan kaapeleiden sijoittamista kaapelikanaviin. Kanavat voisi näissä kohteissa korvata palonkestävällä kaapelilla.

8.3 Ehdotuksia uusiksi ratkaisuiksi

Ennen kuin Loviisan ydinvoimalaitoksella voidaan käyttää alla listattuja ehdotuksia uusiksi ratkaisuiksi turvalohkoerottelussa, on ne kelpoistettava.

- Paikkoihin joissa ei vaadita suihkuvoimasuojausta käytettäisiin palonkestävää kaapeleita joka täyttää standardin IEC 60331-21. Jos tarvitaan lisäsuojauksia, voitaisiin käyttää lisäksi OBO Bettermann PYROLINE® Rapid BSKM -kaapelikanavaa. Tämä lisäsuojaus tulee kyseeseen, mikäli lähekkäin on sijoitettuna sekä palonkestäviä että ei-palonkestäviä kaapeleita.

- Prosessitiloissa joissa on vaarana altistua suihkuvoimille, voitaisiin käyttää tehalit.FWK -kaapelikanavaa. Mikäli tarvitaan lisäsuojauksia kanavan sisällä, voisi käyttää palonkestäviä kaapeleita. Tämä toteutustapa on aika raskas ratkaisu, joka vaatii oman kannakoinnin.

- Toisena vaihtoehtona prosessitiloissa voisi käyttää palon kestäviä kaapeleita, jotka kulkevat OBO Bettermann PYROLINE® Rapid BSKM -kaapelikanavassa.

Näistä edellä mainituista ratkaisuista palonkestäviä kaapeleita ja PYROLINE® Rapid BSKM -kanavaa voidaan käyttää laitoksen nykyisillä kaapelihyllyillä keveytensä puolesta. Laitoksella käytettävät uudet hyllyt ovat MEKAN toimittamia ja niiden kantavuus on 20 kg/m. Tämän vuoksi raskaampi tehalit.FWK -kanava ei sovellu käytettäväksi nykyisillä hyllyillä. Mikäli tehalit.FWK -kaapelikanavaa käytetään, on sille rakennettava oma kannakointi.

Mielestäni edellä mainitut ratkaisut soveltuisivat laitokselle nykyisiä menetelmiä paremmin. Käytettäessä pelkkää palonkestävää kaapelia se soveltuu käytettäväksi sellaisenaan. Mikäli samalla kaapelihyllyllä on ei-palonkestäviä kaapeleita olisi palon kestävät kaapelit hyvä lisäsuojata kevyellä kanavalla, koska normaalit kaapelit lisäävät palokuormaa välittömässä läheisyydessä. PYROLINE® Rapid BSKM:n kansi painetaan kiinni kanavaan, joten sen sulkeminen ja avaaminen on nopeaa sekä helppoa. Mikäli tarvitaan raskaampaa suojasta on tehalit.FWK mielestäni hyvä ratkaisu helposti ruuveilla avattavan kannen ansiosta. Kannen ruuveille on itse kanavassa myös metalliset vastakierteet, joten kanava pysyy paremmin ehjänä, vaikka kantta joutuisi avaamaan useammin.

Toisin kuin kaksoissuojaputkeen, kanavaan pystytään lisäämään kaapeleita jälkikäteen. Kaksoissuojaputken ongelmaksi muodostuu kaapeleiden lisäämisessä mutkissa käytetty lasikuitunauha ja sen päällä oleva palonestomaali. Villoitukseen verrattuna kanavan saa helpommin avattua kaapelin lisäystä varten ja kanava kestää ikääntymistä villaa paremmin kuin aika, jonka pinta alkaa irtoilemaan aiheuttaen roskaa.

Lähteet

- 1 Fortum lyhyesti. 2017. Verkkodokumentti. Fortum Oyj.
<https://www.fortum.com/fi/konserni/fortum-lyhyesti/pages/default.aspx>.
Luettu 17.7.2017.
- 2 Fortum Power and Heat Oy:n taloustiedot vuodelta 2016. 2017. Kauppalehti.
Verkkodokumentti.
<https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/fortum+power+and+heat+oy/01091602>
Luettu 17.7.2017.
- 3 Loviisan voimalaitoksen etusivu. 2017. Fortum Oyj.
https://www.fortum.com/fi/energiantuotanto/ydinvoima/loviisan_voimalaitos/pages/default.aspx. Luettu 17.7.2017.
- 4 Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta. 2013. Ohje YVL A.1, 101. STUK.
- 5 Säteilyturvakeskuksen määräys ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta. 2016. Määräys STUK Y/1/2016, 2§ 16 ja 17. STUK.
- 6 Ydinenergilaki, turvallisuutta koskevat vaatimukset. 2008. 23.5.2008/342. 7§.
- 7 Säteilyturvakeskuksen määräys ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta. 2016. Määräys STUK Y/1/2016, 15§. STUK.
- 8 Ydinturvallisuusohjeet (YVL-ohjeet). 2017. Verkkosivusto. STUK.
<http://www.stuk.fi/saannosto/stukin-viranomaisohjeet/ydinturvallisuusohjeet>.
Luettu 19.7.2017.
- 9 Ydinvoimalaitoksen turvallisuussuunnittelu. 2013. Ohje YVL B.1, 436. STUK.
- 10 Ydinvoimalaitoksen turvallisuussuunnittelu. 2013. Ohje YVL B.1, 437. STUK.
- 11 Ydinvoimalaitoksen turvallisuussuunnittelu. 2013. Ohje YVL B.1, 348. STUK.

- 12 Ydinvoimalaitoksen turvallisuussuunnittelu. 2013. Ohje YVL B.1, 362. STUK.
- 13 Varautuminen sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin ydinlaitoksessa. 2013. Ohje YVL B.7, 324. STUK.
- 14 Varautuminen sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin ydinlaitoksessa. 2013. Ohje YVL B.7, 325. STUK.
- 15 Varautuminen sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin ydinlaitoksessa. 2013. Ohje YVL B.7, 332 ja 333. STUK.
- 16 Ydinlaitoksen palontorjunta. 2013. Ohje YVL B.8, 303. STUK.
- 17 Ydinlaitoksen palontorjunta. 2013. Ohje YVL B.8, 307 a. STUK.
- 18 Ydinlaitoksen palontorjunta. 2013. Ohje YVL B.8, 345. STUK.
- 19 Ydinlaitoksen palontorjunta. 2013. Ohje YVL B.8, 347. STUK.
- 20 Redundanssierotuksen huomioiminen prosessi-, putkisto-, sähkö- ja automaatio suunnittelussa. 2017. Suunnitteluohje. Kelavirta Teemu.
- 21 Kelavirta, Teemu. 2017. Ryhmäpäällikkö, suunnittelu Generation, Loviisa NPP Fortum Power and Heat Oy. Keskustelu 6.7.2017.
- 22 Berghäll, Johan. 2017. Suunnitteluinsinööri, Generation Engineering and Projects Fortum Power and Heat Oy. Keskustelu 4.8.2017.
- 23 Majamäki, Juha. 2016. CPR-Todistettua turvallisuutta tarjolla. Johdin, joulukuu 2016, s.16-18.
- 24 Ydinturvallisuus Olkiluoto 3. Verkkodokumentti. STUK.
http://www.stuk.fi/stukvalvoo/ydinturvallisuus/stukinkolmannesvuosiraportointi/rakentamisen_aikainen_valvonta. Luettu 3.10.2017.

- 25 Lampinen, Mikko. 2017. Osaamiskeskuspäällikkö, rakennustekniikka. Teollisuuden voima Oy. Sähköposti 2.10.2017.
- 26 Ydinlaitoksen palontorjunta. 2013. Ohje YVL B.8, 304. STUK.
- 27 Kuva Loviisan ydinvoimalaitoksesta. Fortum kuvapankki.

Standardin 60331-21 virtapiirikuva

Tämä liite sisältää virtapiirikaaviokuvan standardista 60331-21 jota käytetään standardin määrittelemässä koepoltossa.

60331-21 © IEC:1999

- 17 -

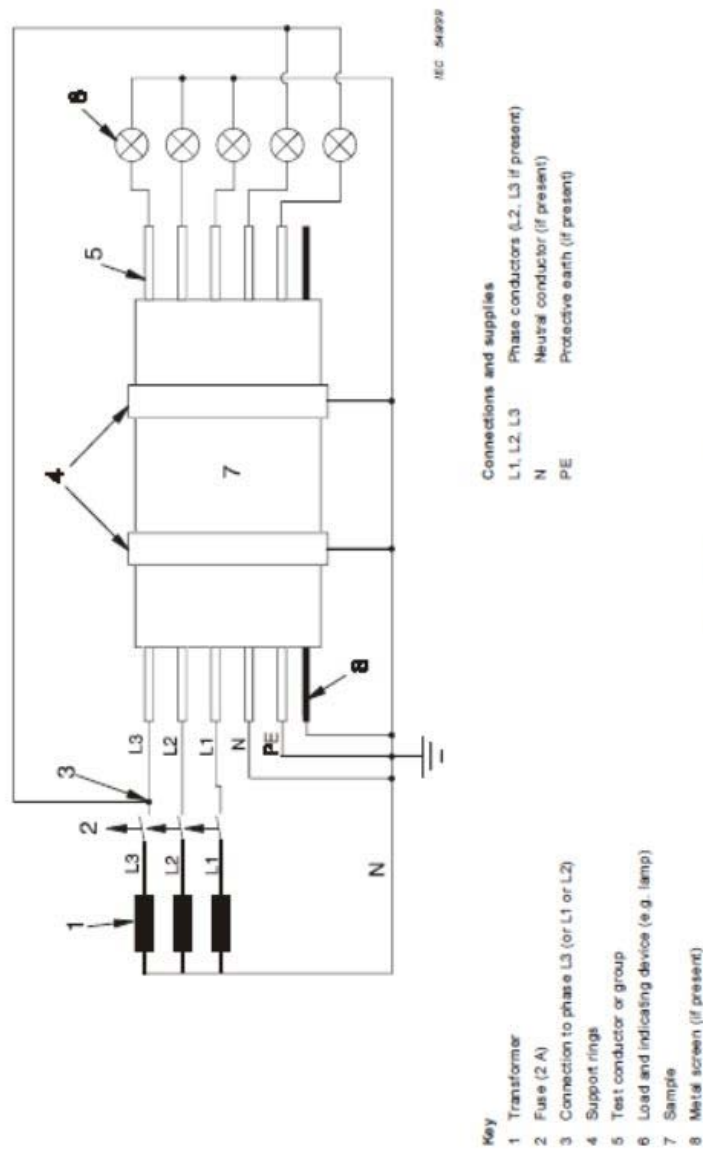


Figure 1 – Basic circuit diagram